

Teil B - 8
Baugrunduntersuchung



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

Ingenieurgeologisches Gutachten

Projekt-Nr. E 20273

Projekt: Sinsheim, Neubau Steinsbergschule
und Kindergarten

Bauherrschaft: Rhein-Neckar-Kreis
Eigenbetrieb Bau und Vermögen
Dietmar-Hopp-Str. 8
74889 Sinsheim

Planung: Elke Ukas Landschaftsarchitekten
Finterstraße 2
76137 Karlsruhe

Rossmann + Partner Architekten
Nürnberger Str. 5
76199 Karlsruhe

Lage: TK 25, 6719 Sinsheim
mittlerer Rechtswert: 3491.240
mittlerer Hochwert: 5458.170

Bearbeiter: Matthias Leibing, Dipl.-Geol.

Sinsheim, 08. Juni 2020



INHALT

1	Einleitung.....	3
2	Lagebeschreibung	4
3	Geologische Situation	4
4	Baugrunduntersuchung	5
5	Baugrundbeschreibung.....	7
6	Hydrogeologische Situation.....	8
7	Baugrundbeurteilung mit Gründungsvorschlag	14
8	Bodenmechanische Kenngrößen	16
9	Erdbautechnische Hinweise.....	18
10	Bodenanalysen.....	29
11	Anmerkungen	37

ANLAGEN

Nr. 1	1.1 Übersichtsplan
	1.2 Lageplan
Nr. 2	Schichtenverzeichnisse DIN 4022
Nr. 3	Schichtenprofile DIN 4023
Nr. 4	Setzungsberechnungen EC 7
Nr. 5	Laborergebnisse Erdbau
Nr. 6	Laborergebnisse Chemie



1 Einleitung

1. Die Büros Ukas und Rossmann, Karlsruhe, planen für den Rhein-Neckar-Kreis den Neubau der Steinsbergschule mit Kindergarten in Sinsheim. Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen ist der Gebäudekomplex auf zwei Höhenebenen geplant, die unterschiedlich in das Gelände einbinden.

	m ü. NN
Basisebene	180,00
Eingangsebene	184,00

Zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse und der hydrogeologischen Situation wurde unser Büro (Töniges GmbH) vom Rhein-Neckar-Kreis am 02.05.2020 schriftlich beauftragt, ein Ingenieurgeologisches Baugrundgutachten zu erstellen.

Folgende Planungsunterlagen wurden uns zur Verfügung gestellt:

Bezeichnung	Maßstab	Planungsstand
Übersichtslageplan	1 : 25.000	07.05.2019
Lageplan	1 : 2.500	07.05.2019
Lageplan	1 : 1.000	07.05.2019
Grundriss Eingangsebene	1 : 200	05.12.2019
Präsentationspläne	--	--



2 Lagebeschreibung

Das Untersuchungsgelände befindet sich am nördlichen Stadtrand von Sinsheim zwischen der „Alten Daisbacher Straße“ bzw. dem Parkplatzbereich des „Zentrums beruflicher Schulen“ im Osten und dem Sinsheimer Friedhof im Westen. Nördlich schließen sich unbebaute Nachbargrundstücke (Äcker) an. Südlich grenzt das Gelände an das Gelände / Gebäude des „Zentrums beruflicher Schulen Sinsheims“.

Die Baufläche wird zurzeit landwirtschaftlich (Acker) genutzt und steigt von Südosten von ca. 176,00 m ü. NN auf ca. 190,00 m ü. NN im Nordwesten an.

3 Geologische Situation

Der Felsuntergrund im Bereich des Untersuchungsgebiets besteht aus der geologischen Formation des „**Unteren Keupers**“ (Erfurt Formation).

Das Festgestein des „Unteren Keupers“ wurde im Zuge der Baugrunduntersuchungen nicht erreicht. Bei den Baugrunduntersuchungen wurde bis in eine Tiefe von ca. 171,00 m ü. NN (bis zu 10 m unter Geländeoberkante) Löss und Lößlehme in Wechsellagerung angetroffen.



4 Baugrunduntersuchung

- 4.1 Am 14.05.2020 wurden innerhalb des Baufensters insgesamt 10 Kleinrammbohrungen (Rammkernsondierungen) mit einer Endteufe von max. 10,0 m unter Geländeoberkante (u. GOK) abgeteuft (Anlage Nr. 1.2). Aus jeder Bodenschicht wurde eine gestörte Probe entnommen, luftdicht verpackt und für Laborversuche vorgehalten.
- 4.2 Die Bodenproben wurden nach DIN 4022 laboranalytisch angesprochen und in Schichtenverzeichnissen eingetragen (Anlage Nr. 2) sowie nach DIN 4023 in Schichtenprofilen zeichnerisch dargestellt (Anlage Nr. 3).
- 4.3 Die Bohransatzpunkte der Rammkernsondierungen (RKS) wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt (BZP) diente ein Grenzpunkt des Flurstückes Nr. 12905 nördlich des Baufensters. Dieser wurde in den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen mit einer Höhe von 190,51 m ü NN angegeben. Alle Höhenangaben in diesem Gutachten beziehen sich auf diesen Höhenbezugspunkt (Anlage Nr. 1.2).

Für die Bohransatzpunkte und Endteufen werden demnach folgende Höhen [m ü. NN] in Bezug auf diesen Kanaldeckel angegeben:

Rammkernsondierung	Ansatzpunkt	Endteufe
RKS 1	189,82	179,82
RKS 2	186,38	176,38
RKS 3	182,60	172,60
RKS 4	186,29	178,29
RKS 5	181,48	174,48
RKS 6	179,65	173,65
RKS 7	186,94	179,94
RKS 8	182,04	173,04
RKS 9	178,85	172,85
RKS 10	176,91	170,91



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

- 4.4 Während der Durchführung der Bohrarbeiten wurden **keine** Wasserzutritte zu den Bohrlöchern registriert und anschließend auch **kein** Ruhewasserspiegel gemessen (Kapitel 6).
- 4.5 Zur Abschätzung des Konsolidierungsverhaltens des Baugrundes wurden Setzungsberechnungen nach DIN 4019 durchgeführt (Anlage 4).
- 4.6 Es wurde im bodenmechanischen Labor an den entnommenen Bodenproben eine Sieb-Schlämmanalyse, 10 Wassergehaltsbestimmungen und ein Proctorversuch durchgeführt.



5 Baugrundbeschreibung

- 5.1 In allen Kleinrammbohrungen wurde ein ca. 0,3 – 0,8 m mächtiger **Oberboden** erbohrt.
- 5.2 Unter dem Oberboden folgen in den Kleinrammbohrungen RKS 5, 6, 9 und 10 ca. 4,1 – 5,2 m mächtige **Lößlehme**. Es handelt sich dabei um feinsandige und tonige Schluffe mit halbfester Konsistenz und leichter bis mittlerer Plastizität.
- 5.3 Unterhalb der Lößlehme bzw. in allen anderen Kleinrammbohrungen unterhalb des Oberbodens folgen bis in die jeweilige Endteufe ca. 1,0 – 9,7 m mächtige **Lösse**. Die Lösse setzen sich aus stark feinsandigen Schluffen mit halbfester Konsistenz und leichter Plastizität zusammen.

5.4 Schichtoberkanten

Für die jeweiligen **Schichtoberkanten** werden folgende Höhen [m ü. NN] und in Klammern die **Schichtmächtigkeiten** [m] angegeben:

	RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4	RKS 5
Oberboden	189,82 (0,30)	186,38 (0,30)	182,60 (0,30)	186,29 (0,30)	181,48 (0,30)
Lößlehm	--	--	--	--	181,18 (5,20)
Löß	189,52 (≥9,70)	186,08 (≥9,70)	182,30 (≥9,70)	185,99 (≥7,70)	175,98 (≥1,50)
Endteufe	179,82 (10,00)	176,38 (10,00)	172,60 (10,00)	178,29 (7,00)	174,48 (7,00)



	RKS 6	RKS 7	RKS 8	RKS 9	RKS 10
Oberboden	179,65 (0,40)	186,94 (0,40)	182,04 (0,40)	178,85 (0,40)	176,91 (0,80)
Lößlehm	179,25 (4,10)	--	--	178,45 (4,10)	176,11 (4,20)
Löß	175,15 (≥1,50)	186,54 (≥6,60)	181,64 (≥8,60)	174,35 (≥1,50)	171,91 (≥1,00)
Endteufe	173,65 (6,00)	179,94 (7,00)	173,04 (9,00)	172,85 (6,00)	170,91 (6,00)

5.5 Die Bodenschichten im Baufenster wurden oben nur allgemein beschrieben. Detaillierte Daten können den Schichtenverzeichnissen (Anlage Nr. 2) sowie den Schichtenprofilen (Anlage Nr. 3) entnommen werden.

6 Hydrogeologische Situation

6.1 Veröffentlichte Daten der LUBW

Auf der Internetseite der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) konnten am 05.06.2020 folgende Daten für das Untersuchungsgelände abgefragt werden:

6.1.1 Hochwasserrisikomanagement

Das Untersuchungsgebiet liegt nach der Hochwassergefährdungskarte gemäß der LUBW und des Hochwasserrisikomanagements Baden-Württemberg **außerhalb** von Überflutungsflächen.

Da das zur Bebauung vorgesehene Flurstück **außerhalb** der ausgewiesenen Überflutungsflächen des HQ₁₀₀ liegt, ist kein Bemessungshochwasserstand (HHW) anzugeben (Kapitel 6.3.1).

Da sich die o.g. Daten in der **Änderung bzw. Fortschreibung** befinden, sind die Angaben während der Planungsphase erneut zu prüfen.



6.1.2 **Wasserschutzgebiet**

Nach den im Internet im Juni 2020 unter der Seite der LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) veröffentlichten Daten, liegt das Untersuchungsgebiet **außerhalb** der festgesetzten Trinkwasserschutzzonen.

6.2 **Gemessene Grundwasserstände**

Während der Bohrarbeiten wurden **keine** Wasserzutritte verzeichnet, auch stellte sich nach Abschluss der Bohrarbeiten **kein** Grundwasserspiegel in den Bohröffnungen ein.

Der Grundwasserspiegel liegt **außerhalb** der Gründungsmaßnahme und stellt keine Gefährdung für das Bauvorhaben dar.

6.3 **Bemessungswasserstand für die Einwirkungsklassen gemäß DIN 18 533**

6.3.1 **Bemessungshochwasserstand (HHW)**

Nach der Hochwassergefährdungskarte gemäß der LUBW und des Hochwasserrisikomanagements Baden-Württemberg, liegt das zur Bebauung vorgesehene Flurstück **außerhalb** der ausgewiesenen Überflutungsflächen des HQ₁₀₀. Demnach ist kein HHW anzugeben.

6.3.2 **Bemessungsgrundwasserstand (HGW)**

Bei den durchgeführten Baugrunduntersuchungen wurde, wie in Kapitel 6.2 beschrieben, kein Grundwasser bis in eine Tiefe von 10,0 m unter GOK bzw. 171,00 m ü. NN angetroffen. Der HGW liegt demnach unterhalb der erdberührenden Bauwerksteile.

Auch unter Beachtung langjähriger Grundwasserschwankungen besteht für das Bauvorhaben keine Gefährdung durch ansteigendes Grundwasser.



6.4 Durchlässigkeit der Böden im Bereich des Baufensters

Um die Korngrößenverteilung sowie hieraus indirekt den Durchlässigkeitsbeiwert der anstehenden Böden zu bestimmen, wurde eine Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 durchgeführt.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

RKS	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	Korngröße (Gew.%)				Gruppe nach DIN 18196
			<0,002 mm	≥0,002 mm bis <0,063 mm	≥0,063 mm bis <2 mm	≥2 mm	
1-10	1,0 - 6,0 m	Löss	3,7	45,7	50,0	0,5	UL / SU*

Anhand der Ergebnisse konnten die Kornsummenkurve gemäß DIN 18123 dargestellt werden.

Ausgehend von der erhaltenen Korngrößenverteilung, wurde aus der Kornsummenkurve die hydraulischen Durchlässigkeiten nach MALLET/PAQUANT ermittelt.

RKS	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	k _f -Wert nach MALLET/PAQUANT [ms ⁻¹]
1 - 10	1,0 – 6,0	Löss	6,7 x 10 ⁻⁷

Nach dem DWA-Regelwerk „Arbeitsblatt DWA-A 138“, 04/2005, muss bei der Bestimmungsmethode „Sieblinienauswertung“ ein Korrekturfaktor von 0,2 zur Festlegung des **Bemessungs-k_f-Werts**_(Sieb-Schlamm-Analyse) angesetzt werden.

Daraus ergeben sich somit folgende **Bemessungs-k_f-Werte**_(Sieb-Schlamm-Analyse) von:

$$k_{f(\text{Löss})} = 6,7 \times 10^{-7} \text{ m/s} \times 0,2 = \underline{\underline{1,34 \times 10^{-7} \text{ m/s}}}$$



Gemäß DIN 18130 sind die anstehenden Böden als „schwach durchlässig“ zu bezeichnen. Erfahrungsgemäß weisen die tonigeren Lößlehme noch niedrigere Durchlässigkeitsbeiwerte auf. Eine Versickerung ist daher in den anstehenden Böden nicht möglich.

6.5 Dränage- und Abdichtungsmaßnahmen von erdberührenden Bauteilen

6.5.1 Wasserdurchlässigkeit des Baugrundes nach DIN 18533

Zur Bestimmung der Wassereinwirkungsklassen nach DIN 18533 ist die Durchlässigkeit des Untergrundes anzugeben.

Der Untergrund wird nach DIN 18533 in zwei Klassen eingeteilt:

- Boden stark durchlässig $k_f > 10^{-4}$ m/s
- Boden wenig durchlässig $k_f \leq 10^{-4}$ m/s

Der unterhalb des Gebäudes anstehende Boden besteht aus wenig durchlässigem Löß und Lößlehm (Kapitel 6.4). Die Wassereinwirkungsklassen sind entsprechend für „**wenig durchlässigen**“ Baugrund festzulegen.



6.5.2 Einwirkungsklasse W1.2-E: DIN 18 533-1:2017-07

Gemäß DIN 18 533 ist in wenig durchlässigen Böden Stauwasser bis GOK zu erwarten. Zum Schutz der erdberührenden Gebäudeteile sind daher die Außenwände, in Verbindung mit dem Anlegen einer Dränage, gegen nichtdrückendes Wasser nach der **Wassereinwirkungsklasse W1.2-E** für Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührenden Wänden auszuführen. Der Sockelbereich ist zudem nach der **Wassereinwirkungsklasse W4-E** („Spritzwasser und Kapillarwasser im Sockelbereich“) zu bemessen.

Erdberührende Wände und Bodenplatten sind der W1.2-E bzw. W4-E zuzuordnen, wenn bei gering durchlässigem Baugrund, durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095, Stauwasser vermieden wird.

Alternativ können, **im Falle eines Verzichts auf eine Dränage und/oder keiner hydraulisch geeigneten Ableitungsmöglichkeit der Dränage**, die erdberührenden Bauteile nach der **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** („mäßige Einwirkung von drückendem Wasser (bis 3 m Eintauchtiefe)“) ausgeführt werden.

Hierbei können Abdichtungen, wie z.B. eine PMBC-Abdichtung oder Ähnliches nach Tabelle 5 der DIN 18533-1 eingesetzt werden. Ersatzweise können die erdberührenden Gebäudeteile auch wasserdicht und gegen Auftrieb bemessen als sog. „Weiße Wanne“ gemäß den WU-Richtlinien hergestellt werden.



6.5.2 Dränage nach DIN 4095

Eine sachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten vor den zu schützenden Bauteilen, funktionsfähige sowie formstabile Dränleitungen, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers. Die unterste Abdichtungsebene muss mindesten 0,5 m oberhalb eines etwaigen Bemessungswasserstands liegen.

Beim Verlegen des Dränagesystems ist auf eine ausreichende Tiefenlage zu achten. Die Oberkante der Dränrohre ist allseitig mit Dränkies zu ummanteln. Zur Erhaltung der Filterstabilität zwischen Dränkies und natürlichem Boden schlagen wir vor, ein Geotextilvlies einzulegen.

Außerdem empfehlen wir für die Dränagen ausschließlich Stangenware zu verwenden. Diese starren Rohre (Teilschlitzrohre) haben eine ebene Aufstandsfläche und können sauber im Gefälle verlegt werden. An Richtungswechseln sind Spülschächte zu verlegen.

Die Funktionsfähigkeit der Dränage muss dauerhaft gewährleistet sein.

Ist eine Einleitung des Dränwassers in die Kanalisation nicht genehmigungsfähig, so sind für eine umweltverträgliche Beseitigung des Dränwassers Alternativen wie z.B. Brauchwasserzisternen o.Ä. zu überlegen.



7 Baugrundbeurteilung mit Gründungsvorschlag

7.1 Baugrundbeurteilung

Nach den uns vorliegenden Planungsunterlagen ist der Gebäudekomplex auf zwei Höhenebenen geplant, die unterschiedlich in das Gelände einbinden.

	m ü. NN
Basisebene	180,00
Eingangsebene	184,00

Als direkte Gründungsböden für den Gebäudekomplex werden Löss- und Lößlehme angetroffen.

Unter Einhaltung der im vorliegenden Gutachten angegebenen Gründungsvorschläge, des Bemessungssohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ (gemäß EC 7) bzw. der max. zul. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ (nach alter DIN 1054:1976-11) stellen die Löss- und Lößlehme einen für die Belastungen, resultierend aus den Neubauten, tragfähigen Baugrund dar.

Aufgrund der topografischen Situation kann im südöstlichen Bereich des geplanten Gebäudes (RKS 9 und RKS 10) zur Herstellung des Gründungsplanums ein Niveaueingleich erforderlich werden. Wird der Niveaueingleich mit geeignetem Material ausgeführt, lagenweise eingebaut und verdichtet kann er zur Gründung herangezogen werden. Die anstehenden Löss- können bei trockener Witterung für den Niveaueingleich verwendet werden.



7.2 Gründungsvorschlag

Für die geplante Bebauung empfehlen wir eine Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten**.

Unterschiedliche Gründungstiefen der Fundamente sind unter einem Lastabtragungswinkel von 45° abzutreten.

Kennwerte für die Gründung von Einzel- und Streifenfundamenten

gemäß EC 7, DIN EN 1054:2010-12)

für ständige Bemessungssituation (BS-P)

- Bemessungssohlwiderstand $\sigma_{R,d}$	350 kN/m ²
- mittlere Setzungen	ca. 0,02 - 0,03 m
- Setzungsdifferenzen	ca. 0,01 m

nach alter DIN 1054:1976-11

- max. zul. Bodenpressung σ_{zul}	250 kN/m ²
--	-----------------------

Der $\sigma_{R,d}$ -Wert ist der Bemessungswert des Sohlwiderstandes und kein aufnehmbarer Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 sowie keine Bodenpressung nach DIN 1054:1976-11.



8 Bodenmechanische Kenngrößen

8.1 Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08

Entsprechend der DIN 18300:2015-08 geben wir für die anstehenden Böden die folgenden Homogenbereiche für den **Erdaushub mittels Bagger** an.

Werden weitere Erdbaumaßnahmen erforderlich, sind ggf. andere Einteilungen der Homogenbereiche für Ausschreibungen gemäß VOB/C entsprechend der DIN Normen 18301 und Folgende (Ramm-, Bohr-, Vortriebsarbeiten o.Ä.) erforderlich.

Boden:

Böden	Homogenbereich E 1	Homogenbereich E 2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Löß / Lößlehm
Aushub nach DIN 18300:2012-09	BKL 1 + 4	BKL 4
Bodengruppen nach DIN 18196	OH	UL / UM
Plastizitätszahl, Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	halbfest	halbfest
Korngrößenverteilung	n.n.	siehe Anlage 5
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-2	locker	n.n.
Wassergehalt nach DIN ISO 1789-1	n.n.	11 – 21 %
Scherfestigkeiten	n.n.	n.n.
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	n.n.	n.n.
organischer Anteil nach DIN 18128	vorhanden	n.n.

n.n.: nicht nachgewiesen

Hinweis:

Sollen die nicht nachgewiesenen („n.n.“) Parameter mittels bodenmechanischer Laborversuchen bestimmt werden, kann durch unser Büro ein einsprechendes Angebot erstellt werden.



8.2 Mittlere Bodenkennwerte (cal.) nach DIN 1055-2

Löß / Lößlehm (UL, halbfeste Konsistenz)

Wichte erdfeucht:	19,5 kN/m ³
Wichte wassergesättigt:	21,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb:	11,0 kN/m ³
Reibungswinkel:	27,5°
Kohäsion:	5 – 10 kN/m ²

Lößlehm (UM, steife Konsistenz)

Wichte erdfeucht:	18,0 kN/m ³
Wichte wassergesättigt:	19,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb:	9,5 kN/m ³
Reibungswinkel:	25,0°
Kohäsion:	5 – 10 kN/m ²

8.3 Mittlere Steifeziffern (cal.) der Gründungsböden

Löß / Lößlehm	12.000 - 14.000 kN/m ²
---------------	-----------------------------------

8.4 Frostklassen gemäß ZTV E-StB 17 und DIN 18196

	Bodenart (DIN 18196)	Frostklasse (ZTV E-StB 17 und DIN 18196)
Löss / Lößlehm	UL / UM / SU*	F3; sehr frostempfindlich



9 Erdbautechnische Hinweise

9.1 Baugrubenböschung

Anfallende Baugrubenböschungen können wie folgt abgeböscht werden:

Gesamtböschungshöhe		Böschungswinkel
1 m	=	90°
2 m	=	70°
3 – 5 m	=	60°

Ab einer Böschungshöhe von > 5 m ist eine Berme innerhalb der Böschung von mind. 1,5 m Breite vorzusehen.

Der genannte Böschungswinkel gilt nur für den Bauzustand. Dauerhafte Böschungen sind mit einem Böschungswinkel von $\leq 45^\circ$ anzulegen.

Kann der angegebene Böschungswinkel aufgrund eines zu geringen Platzangebotes nicht eingehalten werden, so sind die Böschungen mit zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen zu sichern (z.B. Trägerbohlen-Verbau oder Vergleichbarem). Vor der Ausführung einer Sicherheitsmaßnahme muss mit dem Gutachter Rücksprache gehalten werden.

Am Böschungsfuß ist ein Arbeitsraum von mind. 0,50 m freizuhalten.



Verkehrslasten und Baumaschinen sowie Baumaterial bis zu 12 t Gesamtgewicht sind nach den DIN 4124 mit einem Mindestabstand von ≥ 1 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Baugruben- bzw. Grabenkante fernzuhalten. Für Straßenfahrzeuge und andere Schwertransportfahrzeuge sowie Bagger oder Hebezeuge von mehr als 12 t Gesamtgewicht ist ein Abstand von ≥ 2 m zur Baugrube einzuhalten.

Die Böschungflächen sind gegen Abspülungen und Auflockerungen mit einer reißfesten und UV-beständigen Folie abzuhängen. Die Folie ist mit Erdnägeln und Holzleisten an der Böschungswand zu fixieren.

9.2 Bodenmechanische Laborversuche

Es wurde im bodenmechanischen Labor an den entnommenen Bodenproben eine Sieb-Schlämmanalyse, 10 Wassergehaltsbestimmungen und ein Proctorversuch durchgeführt (siehe Anlage 5).

Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Um die Korngrößenverteilung sowie hieraus indirekt den Durchlässigkeitsbeiwert der anstehenden Böden zu bestimmen, wurde eine Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 durchgeführt.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

RKS	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	Korngröße (Gew.%)				Gruppe nach DIN 18196
			<0,002 mm	$\geq 0,002$ mm bis <0,063 mm	$\geq 0,063$ mm bis <2 mm	≥ 2 mm	
1-10	1,0 - 6,0 m	Löss	3,7	45,7	50,0	0,5	UL / SU*



Anhand der Ergebnisse konnten die Kornsummenkurve gemäß DIN 18123 dargestellt werden.

Ausgehend von der erhaltenen Korngrößenverteilung, wurde aus der Kornsummenkurve die hydraulischen Durchlässigkeiten nach MALLET/PAQUANT ermittelt.

RKS	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	k_f -Wert nach MALLET/PAQUANT [ms ⁻¹]
1 - 10	1,0 – 6,0	Löss	$6,7 \times 10^{-7}$

Nach dem DWA-Regelwerk „Arbeitsblatt DWA-A 138“, 04/2005, muss bei der Bestimmungsmethode „Sieblinienauswertung“ ein Korrekturfaktor von 0,2 zur Festlegung des **Bemessungs- k_f -Werts**_(Sieb-Schlamm-Analyse) angesetzt werden.

Daraus ergeben sich somit folgende **Bemessungs- k_f -Werte**_(Sieb-Schlamm-Analyse) von:

$$k_{f(\text{Löss})} = 6,7 \times 10^{-7} \text{ m/s} \times 0,2 = \underline{\underline{1,34 \times 10^{-7} \text{ m/s}}}$$

Gemäß DIN 18130 sind die anstehenden Böden als „schwach durchlässig“ zu bezeichnen. Erfahrungsgemäß weisen die tonigeren Lößlehme noch niedrigere Durchlässigkeitsbeiwerte auf. Eine Versickerung ist daher in den anstehenden Böden nicht möglich.



Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 18121

RKS	Bodenart	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Wassergehalt [%]
1	Löß	1,5 – 1,9	17,25
2	Löß	0,3 – 1,0	11,41
3	Löß	3,0 – 5,0	17,24
4	Löß	0,3 – 1,0	14,89
5	Lößlehm	1,0 - 3,0	20,23
6	Lößlehm	1,0 - 2,0	20,51
6	Lößlehm	5,0 – 6,0	19,60
8	Löß	0,4 – 1,0	11,94
9	Lößlehm	0,4 – 1,0	20,04
10	Lößlehm	0,8 – 2,0	21,07

Es wurden für die Böden folgende durchschnittlichen Wassergehalte ermittelt:

Löss: 5 Proben Ø Wassergehalt = 14,55 %

Lößlehme: 5 Proben Ø Wassergehalt = 20,29 %

Proctorversuch

Zur Untersuchung der Wiederverwendbarkeit des anfallenden Aushubes wurde eine Bodenmischprobe aus dem Löß erstellt und die Proctordichte nach DIN 18 127 bestimmt (Anlage 4).

Bodenart	Natürlicher Wassergehalt	Optimaler Wassergehalt	Wassergehalt bei	
			97 % Proctor nasser Ast trockener Ast	95 % Proctor nasser Ast trockener Ast
Mischprobe Löß	15,4 %	14,5 %	17,9 %	19,1 %
			11,6 %	10,8 %

Nach dem vorliegenden Ergebnis des Proctorversuchs wird eine Verdichtung der **Lösse** auf 95 % Proctor bei Wassergehalten zwischen **10,8 %** und **19,1 %** erreicht und eine Verdichtung auf 97 % Proctor bei Wassergehalten zwischen **11,6 %** und **17,9 %**.



Die Löss- und Lößlehme sind grundsätzlich für den Wiedereinbau geeignet.

Der durchschnittliche Wassergehalt der Lößlehme liegt für ein einbaufähiges Maß ca. 2 – 3 % zu hoch. Bei trockener Witterung können diese Bodenarten nach einer gewissen Abtrocknung ohne Verbesserung wieder eingebaut werden. Ist dies nicht möglich, kann durch Kalkzugabe der Wassergehalt auf ein einbaufähiges Maß reduziert werden. Für die Herstellung eines möglichen Niveaueingleiches, Verfüllung von Arbeitsräumen, etc. empfehlen wir primär die Verwendung des Lösses.

Der anfallende Aushub muss in Lagen von max. 0,30 m Schütthöhe eingebracht und verdichtet werden.

Die Überprüfung der Verdichtung sollte mittels Künzelstabsondierung erfolgen. Hierbei ist eine mindestens gleiche oder bessere Dichtigkeit wie im natürlich anstehenden Boden zu erreichen. Die Überprüfungen können durch unser Büro (Töniges GmbH) durchgeführt werden.

9.3 Niveaueingleich

Aufgrund der topografischen Situation kann im südöstlichen Bereich des geplanten Gebäudes (RKS 9 und RKS 10) zur Herstellung des Gründungsplanums ein Niveaueingleich erforderlich werden. Wird der Niveaueingleich mit geeignetem Material ausgeführt, lagenweise eingebaut und verdichtet kann der Aushub zur Gründung herangezogen werden. Die anstehenden Löss- und Lößlehme können bei trockener Witterung für den Niveaueingleich verwendet werden.



Seitens des Gutachters wird darauf hingewiesen, dass bei einer Verwendung von zu feuchtem Material Maßnahmen zur Bodenverbesserung erforderlich werden.

Dabei können folgende Mengen vorgesehen werden:

2 kg/m ²	für 1 - 2 % Wassergehaltsreduzierung
3 - 5 kg/m ²	für 2 - 3 % Wassergehaltsreduzierung
8 - 10 kg/m ²	für 4 - 5 % Wassergehaltsreduzierung

Es ist darauf hinzuweisen, dass je nach Wetterlage bzw. resultierend aus einer nachträglichen Durchnässung der Böden, eine Erhöhung der Kalk-Zement-Menge erforderlich werden kann. Zur Festlegung der erforderlichen Kalk-Zement-Menge empfehlen wir, den Gutachter hinzuzuziehen.

Die Schüttung des Niveaueingleiches muss lagenweise in Schütthöhen von max. 0,3 m erfolgen. Die eingebrachten Lagen sind anschließend ebenfalls lagenweise auf mindestens ≥ 97 % der Proctordichte mittels geeigneten Geräts zu verdichten. Beim Einbau des Niveaueingleiches ist auf den Wassergehalt der Böden zu achten. Werden zu trockene oder zu feuchte Böden verbaut, ist keine ausreichende Verdichtung möglich und es besteht die Gefahr von größeren Eigenkonsolidierungsbewegungen.

Wir empfehlen, die erdbautechnischen Maßnahmen im Rahmen einer Bauüberwachung mittels Feld- und Laborversuchen (Proctorversuche, Wassergehaltsbestimmungen, Ausstechzylinder, Lastplattendruckversuche, Künzelstabsondierungen) überprüfen zu lassen. Hierzu stehen wir Ihnen mit unserer Fachkenntnis gerne zur Verfügung.



9.4 Rohplanum

Vor Beginn der Arbeiten muss der ca. 0,3 – 0,8 m mächtige Oberboden abgeschoben werden.

Da die im Rohplanum anstehenden Böden bei Niederschlägen und dynamischer Belastung leicht aufweichen und durchwinkt werden können, empfehlen wir, den Baugrubenaushub möglichst von außen durchzuführen.

Das freigelegte Rohplanum darf **nicht** mit schweren Geräten oder Radfahrzeugen befahren werden.

Herrscht während der Herstellungsphase des Rohplanums eine regnerische Wetterlage vor, so muss direkt nach dem Freilegen des Rohplanums der Bodenplattenunterbau als Schutzschicht aufgebracht werden.

Wir empfehlen grundsätzlich, die Erdarbeiten in den trockenen Jahreszeiten durchzuführen, da bei feuchter Witterung erfahrungsgemäß ein erhöhter Zeit- und Kostenaufwand notwendig wird.

9.3 Unterbau der Bodenplatte

Auf dem nicht aufgelockerten und nicht aufgeweichten Rohplanum ist ein **Schotterunterbau** (Naturschotter, Recyclingmaterial) mit einem Mindestaufbau von $\geq 0,2$ m einzubringen und gemäß den Vorgaben der ZTVE-StB 17 mit geeigneten Verdichtungsgeräten zu verdichten.

Über der kapillarbrechenden Schicht schlagen wir den Aufbau einer $\geq 0,05$ m mächtigen **Sauberkeitsschicht** aus geeignetem Beton oder Vgl., z.B. PE-Folie, vor.



Bei feuchter Witterung kann es erforderlich sein, dass vor dem Einbringen des Schotterunterbaus bzw. des Niveaueausgleichs ein Geotextilvlies der Geotextilrobustheitsklasse 4 (Flächengewicht $\geq 250 \text{ g/m}^2$) verlegt werden muss. Damit soll verhindert werden, dass im Zuge der Verdichtungsarbeiten der eingebrachte Schotter in den Untergrund des Rohplanums gedrückt wird und sich gegebenenfalls die Mächtigkeit der Schotterlage erhöht. Wir gehen aber davon aus, dass dies nicht erforderlich wird.

Wir empfehlen, vor dem Einbau des Schotters das Rohplanum durch den Gutachter abnehmen zu lassen. Dabei kann auch festgelegt werden, ob das o.g. Geotextilvlies erforderlich ist.

Werden im Gründungsbereich aufgeweichte Böden oder ungeeignete Auffüllungen angetroffen, sind diese auszukoffern und durch geeignetes Material (z.B. Schottermaterial) zu ersetzen.

Ändert sich im Zuge der Planung das Gründungsniveau, die Mächtigkeit des Schotterunterbaus oder die in diesem Gutachten angesetzten Randbedingungen, so ist dies im Vorfeld der Baumaßnahme dem Gutachter mitzuteilen.

9.4 Wasserhaltung

Bis in eine Tiefe von ca. 10 m u. GOK bzw. 171 m ü. NN wurde der Grundwasserspiegel im Zuge der Baugrunduntersuchungen nicht erreicht. Eine offene Wasserhaltung mittels Pumpensumpf ist daher nur bei Niederschlägen zur Abführung von Tagwasser erforderlich.



9.5 Frostsicherheit

Auf eine frostsichere Gründung der Gebäude ist zu achten. Die Einbindetiefe von $\geq 0,8$ m u. GOK muss gewährleistet sein. Geplante Anbauten (z.B. Garage) sind ebenso frostfrei ($\geq 0,8$ m u. GOK) zu gründen.

9.6 Aushubmaterial und Arbeitsraumverfüllung

Das anfallende Aushubmaterial besteht aus dem beschriebenen halbfesten Löß und den halbfesten bis steifen Lößlehm. Das Aushubmaterial ist der Bodenklasse 4 (nach DIN 18300:2012-09 (alt)) zuzuordnen. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen ist dieses Material mit dem Bagger lösbar.

Das anfallende Material ist bei geeignetem Wassergehalt für eine Geländemodellierung bzw. für Niveausgleichsmaßnahmen geeignet. Hierbei ist unbedingt auf geeigneten Wassergehalt und lageweisen Einbau zu achten sowie Überprüfungen durch leichte Rammsondierungen und Lastplattendruckversuche durchzuführen. Hierfür stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Wir empfehlen, insbesondere technisch überbaute Arbeitsräume mit verdichtungsfähigem Material oder vergleichbarem Schottermaterial wieder zu verfüllen. Dieses Material ist lagenweise (Schütthöhe $\leq 0,3$ m) einzubringen und mit geeigneten Geräten zu verdichten.

Weiterhin empfehlen wir, die nicht technisch überbauten Arbeitsräume im oberen Bereich ($\geq 1,0$ m) mit bindigem Material wieder zu verfüllen, damit Oberflächenwasser nicht ungehindert Zugang zum Grundwasser findet.



Muss Aushubmaterial abgefahren werden, können entsprechende Analysen notwendig werden. Dies sollte im Vorfeld geklärt werden, um frühzeitig die Verwertung / Entsorgung festlegen zu können.

Ist eine entsprechende **Verwertung** dieses Materials **nicht** möglich und muss daher eine Entsorgung des Materials auf einer Deponie (Verwertung oder Beseitigung) erfolgen, so sind aufgrund der Deponieverordnung (DepV) vom 27.04.2009 weitere Untersuchungen (Haufwerksbeprobungen, weiterführende Laboranalysen) erforderlich. Der Untersuchungsumfang richtet sich hierbei nach Masse, Herkunft und Zusammensetzung des Materials.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass es durch diese dann notwendigen Maßnahmen zu **Mehrkosten sowie eventuell zu Bauverzögerungen** kommen kann, da das Material bis zum Vorliegen der Ergebnisse nicht an einer Deponie angeliefert werden kann.

9.7 Zufahrtsbereiche / Feuerwehrlflächen

Für die erforderlichen befahrbaren Bereiche muss eine ausreichende Tragfähigkeit und Frostsicherheit erzielt werden. Grundlagen hierfür sind die Richtlinien der RStO 12, der ZTV E-StB und der ZTV SoB-StB.

Die anstehenden Bodenarten gehören der Frostempfindlichkeitsklassen F 3 (sehr frostempfindlich) an.

Aus gutachterlicher Sicht sind die Verkehrsflächen entsprechend der RStO 12 in die Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk1,8 einzustufen. Somit ist die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues, je nach Belastungsklasse, mit 0,5 m bzw. 0,6 m herzustellen.



TÖNIGES GmbH
Beratende Geologen
und Ingenieure
Sinsheim
Tel. (0 72 61) 92 11-0
Fax (0 72 61) 92 11-22

Das Rohplanum für den Straßenaufbau muss ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aufweisen und darf nicht durch Oberflächenwasser oder Baustellenfahrzeuge aufgeweicht werden. Ist dies der Fall, so werden zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung des Verformungsmoduls, wie z. B. Kalkung / Bodenaustausch, erforderlich.

Kann im Bereich der Parkplatzflächen und Verkehrsflächen Oberflächenwasser in den Unterbau versickern (bei Pflaster o.Ä.), so muss der Unterbau ausreichend hydraulisch entwässert werden.

9.8 Erdbebenzone

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg (2005), Maßstab 1 : 350.000, ist das Untersuchungsgebiet wie folgt einzustufen:

Erdbebenzone	0
Baugrundklasse	B
Untergrundklasse	R

Die Angaben der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 sind zu beachten.



10 Bodenanalysen

10.1 Analyse gemäß VwV Boden und Deponieverordnung (DepV)

Damit das künftige Aushubmaterial hinsichtlich der Verwertung / Entsorgung orientierend beurteilt werden kann, wurde aus den anstehenden Böden eine Mischproben zusammengestellt und bezüglich den Richtlinien der VwV (Boden) sowie für eine eventuelle Anlieferung des Materials auf einer Deponie zusätzlich auf die Parameter gemäß der Deponieverordnung (DepV) untersucht.

Die Bewertung der vorliegenden Ergebnisse erfolgt auf Grundlage der folgenden Unterlagen in der jeweils gültigen Fassung:

- [1] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg zur Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV Boden)
- [2] Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, Artikel 1: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)

Die Analyse der Probe erfolgte zunächst gemäß der Parameterliste nach der VwV Boden Baden-Württemberg vom 14.03.2007, Tabelle 6-1.

Gemäß VwV Boden werden die Messbefunde des zu verwertenden Bodenmaterials den Zuordnungswerten gemäß Tabelle 6-1 gegenübergestellt. Dadurch kann das Bodenmaterial einer „Einbaukonfiguration“ zugeordnet werden.

Die Laborergebnisse sind als Anlage gemäß dem Prüfbericht der BVU GmbH, Markt Rettenbach, dargestellt.

In den folgenden Tabellen sind die Laborergebnisse mit entsprechender Bewertung gemäß gültiger VwV Boden und DepV zusammengefasst.



Parameter	Einheit	MP Aushub	Zuordnung nach VwV	Zuordnung nach DepV
Feststoff				
MKW-Index	[mg/kg]	< 50	Z 0	DK 0
MKW-Index > C10 - 22	[mg/kg]	< 30	-	DK 0
Glühverlust ¹⁾	[Masse-%]	2,9	-	DK 0
EOX	[mg/kg]	< 0,5	Z 0	
TOC	[Masse-%]	0,44	-	DK 0
lipophile Stoffe	[Masse-%]	< 0,02	-	DK 0
Cyanide	[mg/kg]	< 0,25	Z 0	--
BTEX	[mg/kg]	< BG*	Z 0	DK 0
Σ-LHKW	[mg/kg]	< BG	Z 0	
PAK n. EPA	[mg/kg]	2,9	Z 0	DK 0
Arsen	[mg/kg]	9	Z 0	-
Blei	[mg/kg]	12	Z 0	-
Cadmium	[mg/kg]	0,18	Z 0	-
Chrom	[mg/kg]	26	Z 0	-
Kupfer	[mg/kg]	13	Z 0	-
Nickel	[mg/kg]	23	Z 0	-
Quecksilber	[mg/kg]	0,03	Z 0	-
Zink	[mg/kg]	42	Z 0	-
Thallium	[mg/kg]	< 0,4	Z 0	-
PCB ₇	[mg/kg]	< BG	Z 0	DK 0
Eluat				
pH-Wert	[-]	8,49	Z 0	DK 0
Leitfähigkeit	[µS/cm]	72	Z 0	-
Chlorid	[mg/l]	< 2	Z 0	DK 0
Sulfat	[mg/l]	< 4	Z 0	DK 0
Arsen	[µg/l]	13	Z 0	DK 0
Blei	[µg/l]	< 5	Z 0	DK 0
Cadmium	[µg/l]	< 0,2	Z 0	DK 0
Chrom	[µg/l]	< 5	Z 0	DK 0
Kupfer	[µg/l]	< 5	Z 0	DK 0
Nickel	[µg/l]	< 5	Z 0	DK 0
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15	Z 0	DK 0
Zink	[µg/l]	< 10	Z 0	DK 0
Barium	[µg/l]	8	-	DK 0
Molybdän	[µg/l]	< 5	-	DK 0
Antimon	[µg/l]	< 3	-	DK 0
Selen	[µg/l]	< 4	-	DK 0

* Messergebnis ist kleiner als die laboranalytische Bestimmungsgrenze

- Keine Zuordnungswerte nach VwV Boden bzw. Dep.V.

1) Glühverlust kann gleichwertig zu TOC angewandt werden



Parameter	Einheit	Mischprobe Aushub	Zuordnung nach VwV	Zuordnung nach Dep.V
Feststoff				
Fluorid	[mg/l]	< 0,5	-	DK 0
Phenolindex	[µg/l]	< 10	Z 0	-
gelösten Feststoffe	[mg/l]	42	--	DK 0
Gesamtgehalt gel. Stoffe	[mg/l]	< 200	--	DK 0
Cyanid ges.	[mg/l]	< 0,005	Z 0	-
DOC	[µg/l]	2,3	-	DK 0
Cyanid leicht freisetzbar	[mg/l]	< 0,005	-	DK 0
Gesamteinstufung			Z 0	DK 0

* Messergebnis ist kleiner als die laboranalytische Bestimmungsgrenze
 - Keine Zuordnungswerte nach VwV Boden bzw. Dep. V.

Bewertung nach Verwaltungsvorschrift

In Hinsicht einer möglichen Verwertung sind alle untersuchten Böden / Auffüllungen als **Z 0** gemäß der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg einzustufen.

Bewertung nach Deponieverordnung

Entsprechend der Deponieverordnung sind alle untersuchten Böden / Auffüllungen in die **Deponieklasse 0** einzustufen.